

# „Freiformbarer und modularer DLR-Wabentank für die CNG Anwendung.“

21. November 2013 Augsburg, CCeV-Fachtagung  
Carbon Composites 2013

Dipl.-Ing. Diego Schierle  
Prof. Dr. Horst E. Friedrich  
DLR Institut für Fahrzeugkonzepte  
Stuttgart

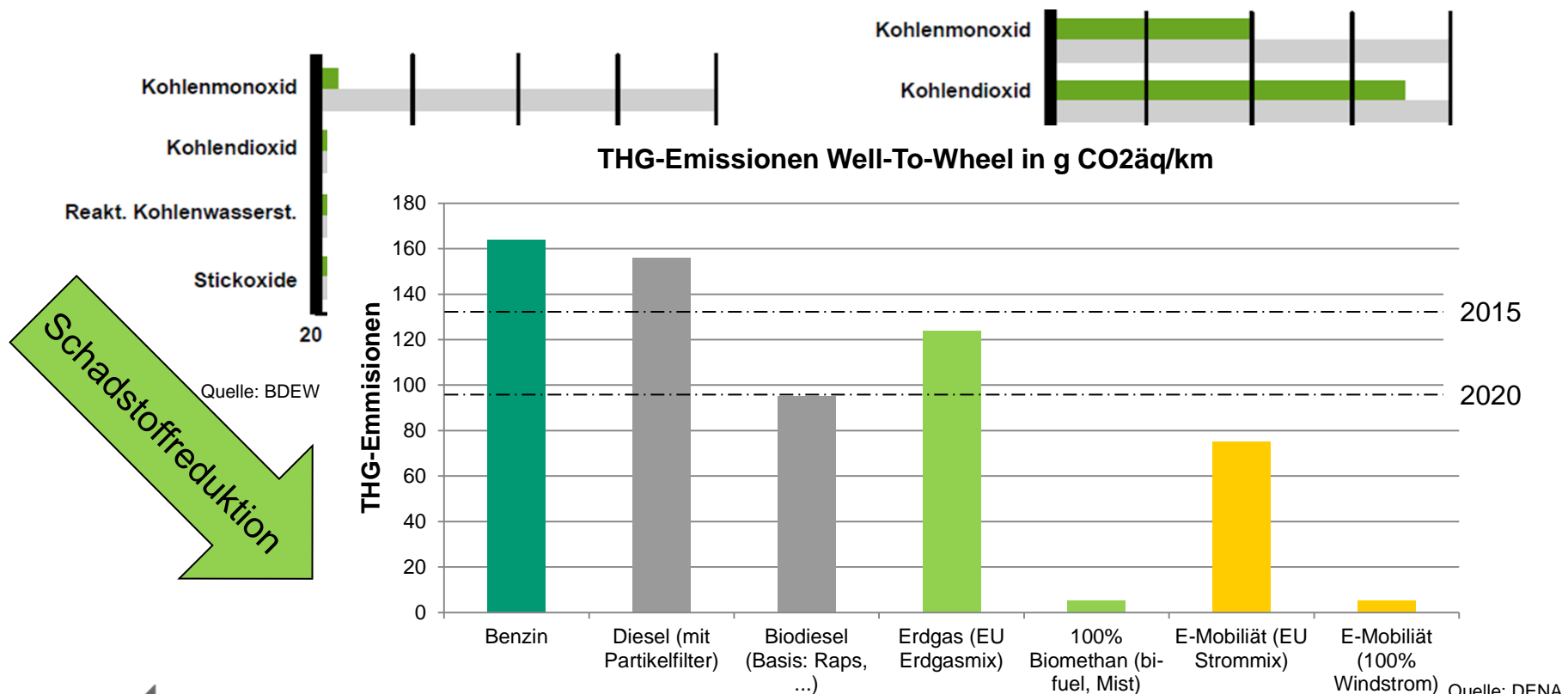
# Inhalt

1. Erdgas als Kraftstoff der Zukunft
2. Stand der Technik
3. Konzept des DLR-Wabentanks
4. (Geschichte des DLR-Wabentanks)
5. FVK-Intensives Herstellungsverfahren
6. Wicklung nichtrotationssymmetrischer Behälter
7. Tragfähigkeitsuntersuchung an Monozellertests
8. Verbindungskonzept
9. Robotergestützte 3D-Wicklung
10. Potential des DLR-Wabentanks



# 1. Erdgas als Kraftstoff der Zukunft

- NO<sub>x</sub> und CO<sub>2</sub> Reduktion gelten als Megatrends in der Fahrzeugentwicklung



## 2. Stand der Technik

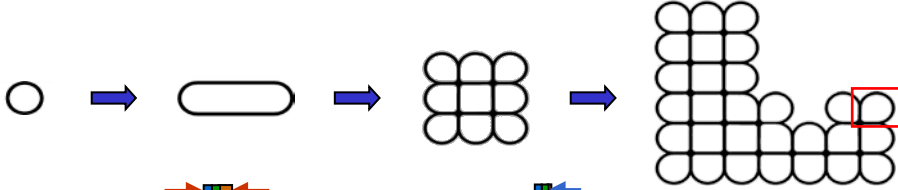
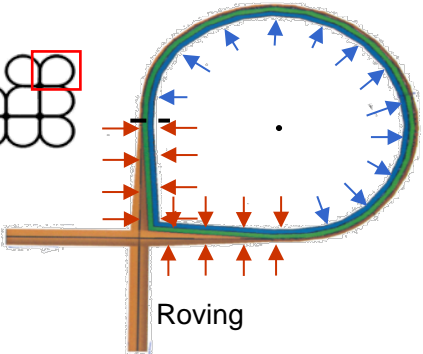
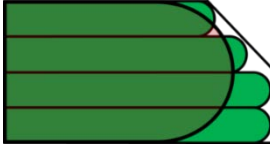
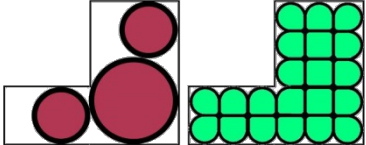
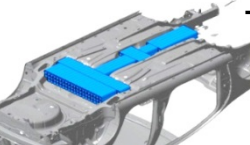
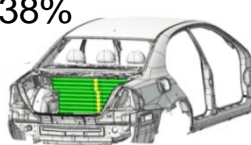
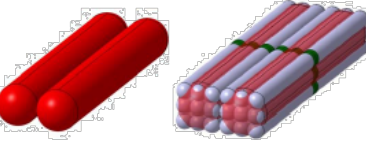
- Kraftstoff wird in rotationssymmetrischen Behältern gespeichert
- Leichtbaustrategie: Werkstoffleichtbau

				
	CNG1	CNG2	CNG3	CNG4
Wicklung	Keine	Umfangswicklung	Vollumwickelt	Vollumwickelt
Gewichtseffizienz	0,95-1,15 kg/l	0,75-0,85 kg/l	0,38-0,68 kg/l	Ca. 0,36 kg/l

- Einbausituation: Fahrzeugstruktur aus Diesel und Benzinentwicklung



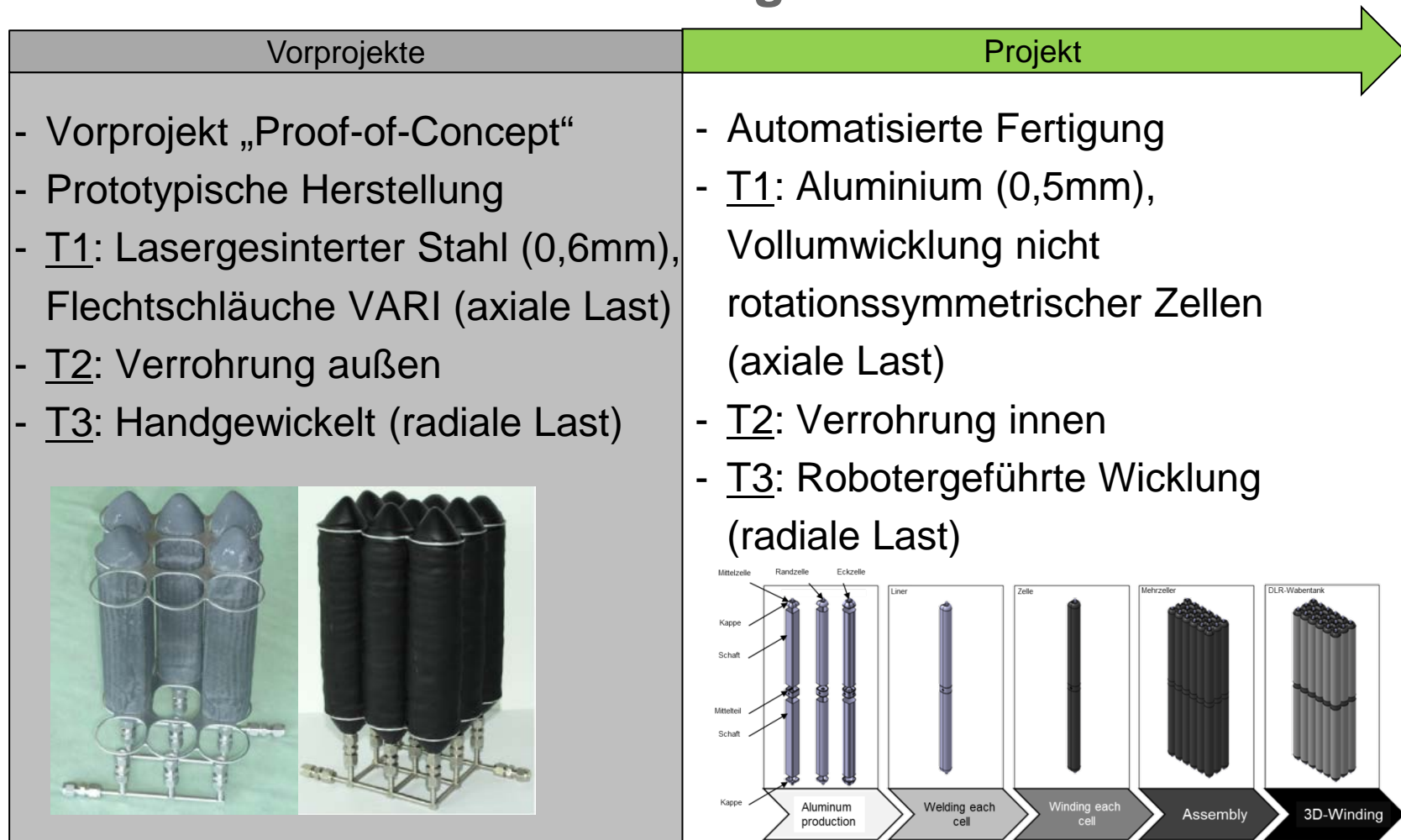
### 3. Konzept des DLR-Wabentanks

<p><u>Prinzip:</u>          Patentiertes DLR          Grundkonzept          basierend auf der          Nutzung von          rechteckigen          Zellen          (Kraftausgleich)</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>keine</u> Aufnahme radialer Last</li> <li>• Aufnahme axialer Last</li> <li>• Aufnahme radialer und axialer Last</li> </ul> 
<p><u>Mehrwert:</u>          Bauraum-          variabilität im          Hochdruckbereich</p>	    <p>+38%</p>
<p><u>Projekt:</u>          2012-2014          Gefördert durch          Helmholtz</p>	 <p>Wabentank vs. Flaschen- tanks</p> <p>Konzept ausarbeiten</p> <p>Automat. Fertigung und Validierung</p>



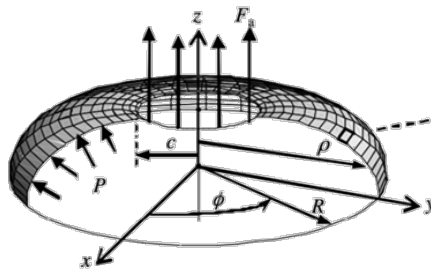


## 4. FVK-Intensives Herstellungsverfahren



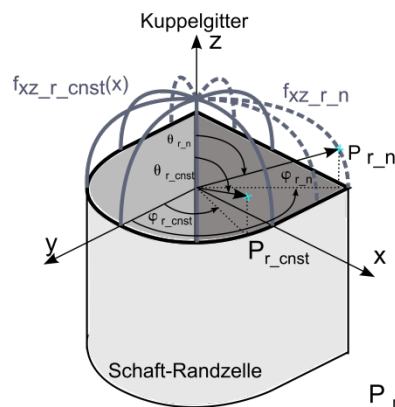
## 5. Wicklung nicht rotationssymmetrischer Behälter

- Isotensoider Ansatz rotationssymmetrischer Behälter (Stand der Technik)



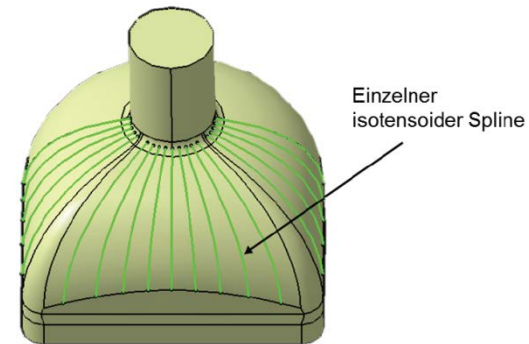
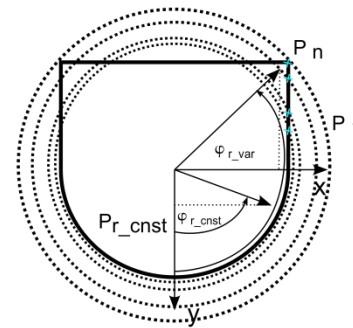
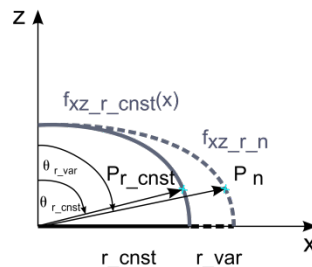
Quelle: S. Koussios 2009

- Isotensoider Ansatz nicht-rotationssymmetrischer Behälter (Ansatz Nr. 1)



Kuppel-Funktion  $f_{xy}(x)$

Schaft-Punkte für isotensoide Funktion  $f_{xy}(x)$



$P_{r\_cnst}$  (Isotensoider-Radius, Winkel 1, Winkel 2)

$P_{r\_n}$  (Isotensoider-var.Radius, Winkel 1, Winkel 2)

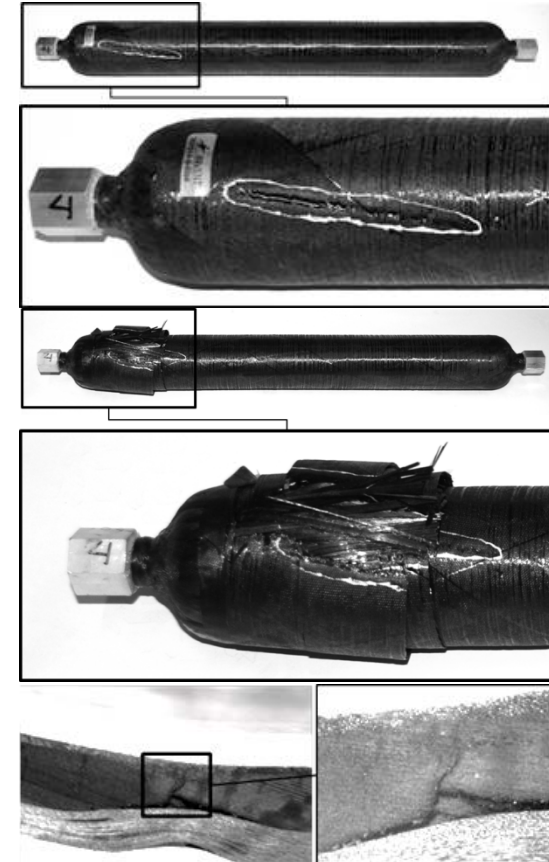
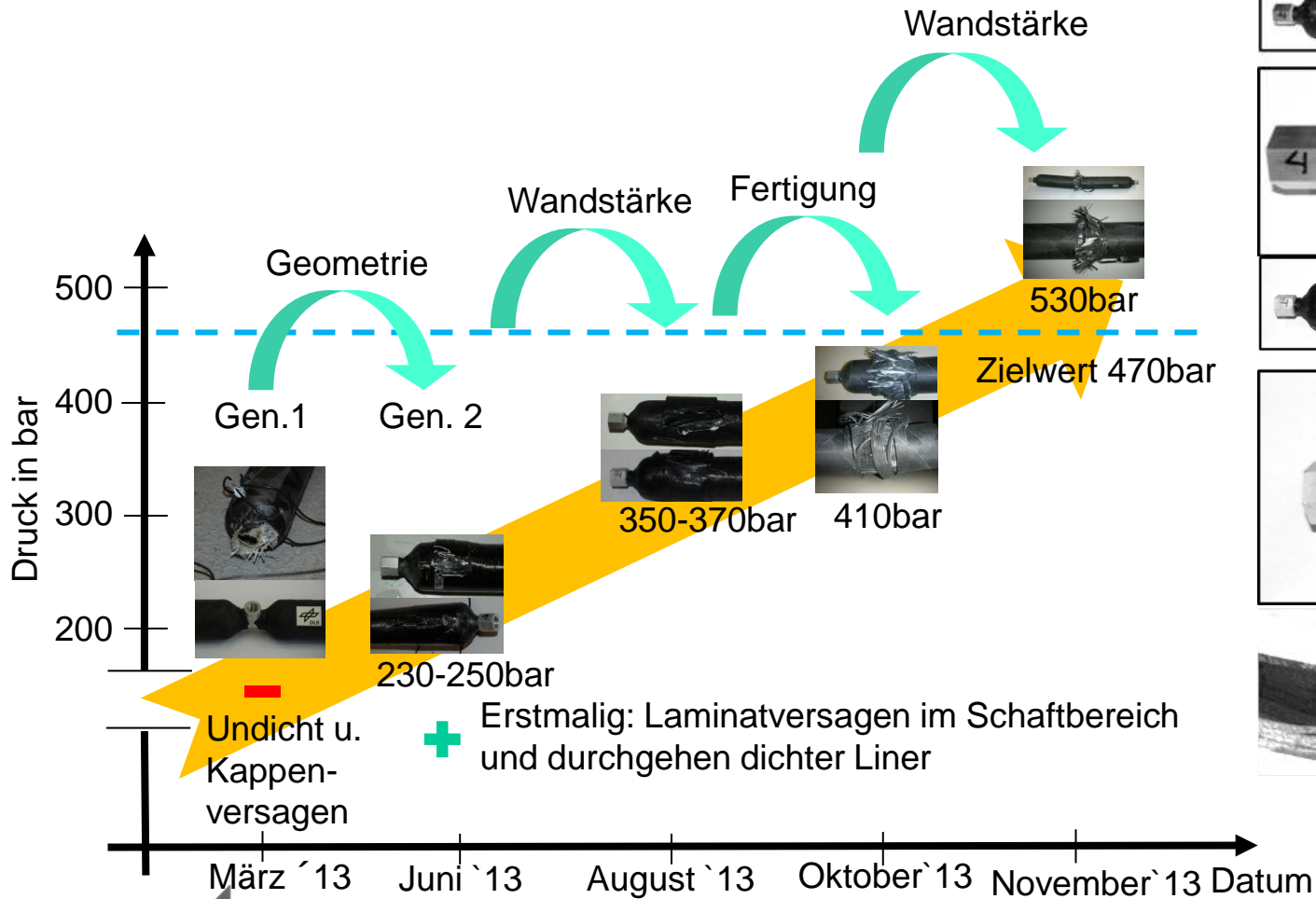
# 5. Wicklung nicht rotationssymmetrischer Behälter

	Proof-of-Concept	Variante 1	Versuch Var. 1	Variante 2	Versuch Var. 2	Variante 3	Versuch Var. 3
							
Eigenschaft	Halbkugel mit „S-Schlag“	Isotensoider Ansatz (IA) im gesamten Oberflächenbereich 	Eckbereich läuft nach außen hin auf. Rest IA. 	IA im rotations-symmetrischen Bereich. Ansonsten Tangenten- und Krümmungs-stetig 			
Erkenntnis	Halbkugel nur für isotrope Werkstoffe	Abrutschen und Spleißen des Rovings an der Kante 	Abrutschen und Spleißen des Rovings an der Kante 	Erstmalig vollumwickelte nicht rotationssym. Liner ✓ 			

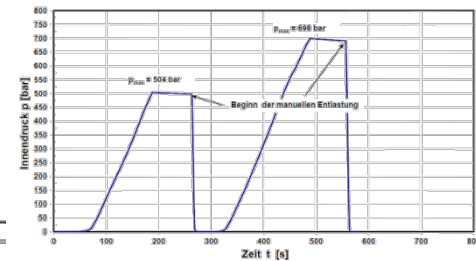
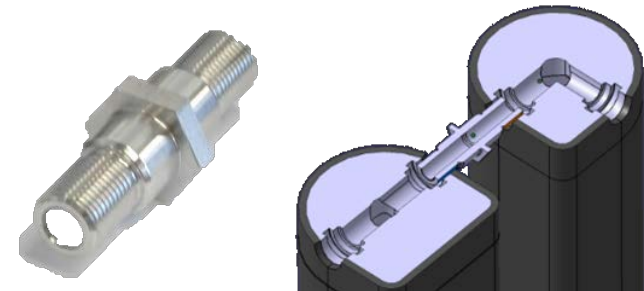
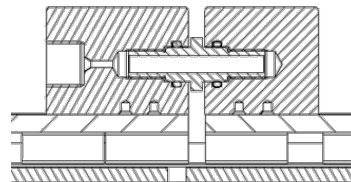
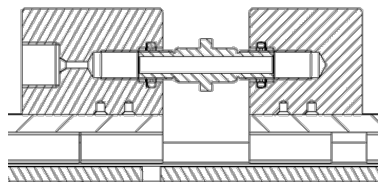
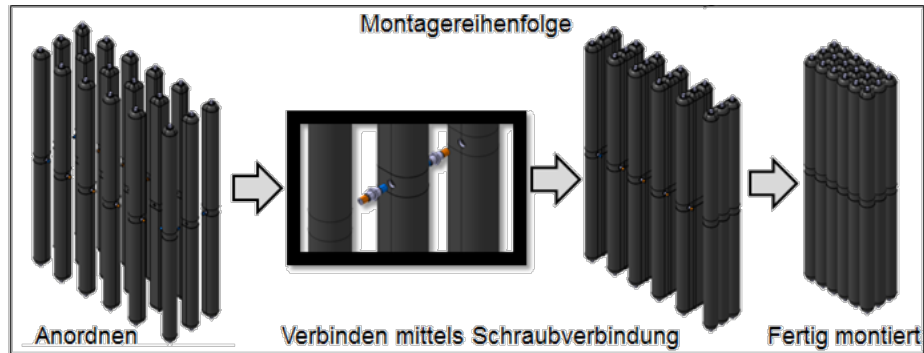




## 6. Tragfähigkeitsuntersuchung mittels Monozellertests



# 7. Verbindungskonzept

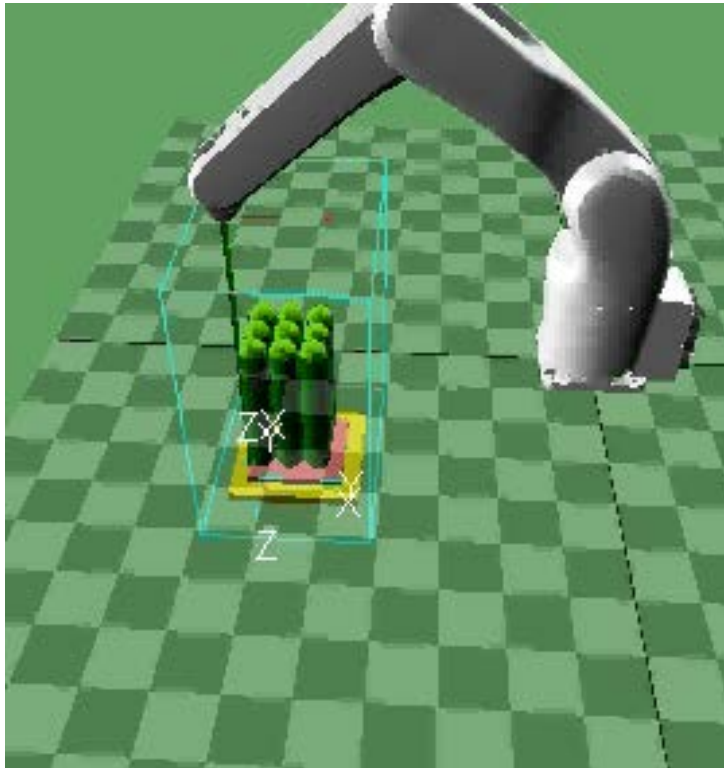


Validiert:

- Gewicht 9g
- Berstdruck (500bar & 700bar)
- Druckzyklen  
(10bar-250bar → 500 000 Zyklen)



## 8. Robotergestützte 3D-Wicklung

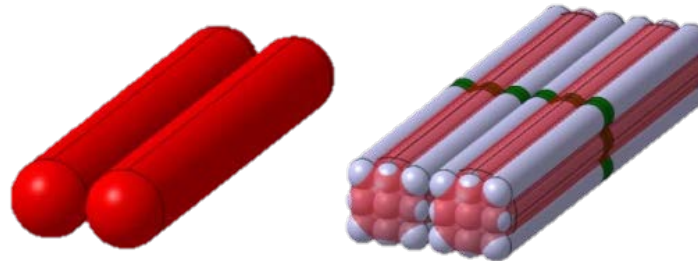


- 2mm maximale Breite bei 500mm Länge (Ausführung in Federstahl)
- Roving wird im Werkzeug geführt und an der Ablagestelle durchtränkt
- Zur Zeit in Untersuchung

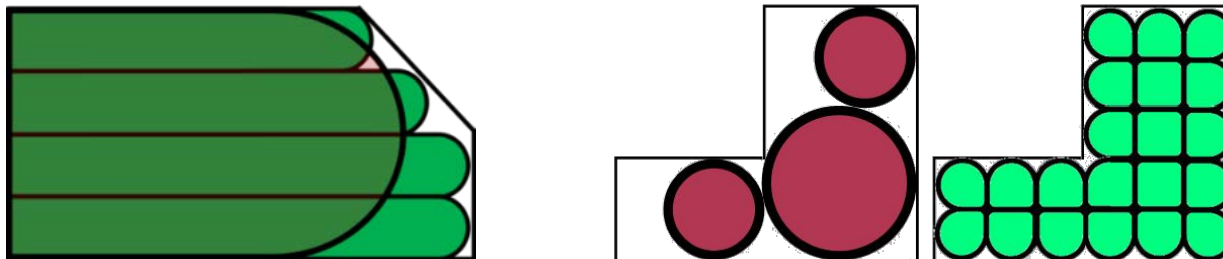


## 9. Potential des DLR-Wabentanks

- Der bauraumadaptive, freiformbare und modulare DLR-Wabentank kann ein Enabler für CNG-Fahrzeuge werden
- Kundenvorteil durch die Reichweitenerhöhung
- Volumengewinn des Modells → **+18%**;  $m/V=0,46\text{kg/l}$



→ Dabei ist die **Bauraumadaptivität noch nicht beachtet!**





# Vielen Dank!

